

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international(43) Date de la publication internationale  
21 juin 2001 (21.06.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 01/44821 A1**(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup>: G01P 13/02,  
5/165, G01K 13/02(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US):  
**THALES AVIONICS S.A.** [FR/FR]; Aéroport de  
Villacoublay, F-78141 Vélizy Villacoublay (FR).

(21) Numéro de la demande internationale:

PCT/FR00/03489

(72) Inventeurs; et

(22) Date de dépôt international:

12 décembre 2000 (12.12.2000)

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): **COLLOT,**  
**Lionel** [FR/FR]; Thomson-CSF Propriété Intellectuelle,  
13, avenue du Président Salvador Allende, F-94117 Arcueil  
Cedex (FR). **CHOISNET, Joël** [FR/FR]; Thomson-CSF  
Propriété Intellectuelle, 13, avenue du Président Salvador  
Allende, F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(25) Langue de dépôt:

français

(26) Langue de publication:

français

(30) Données relatives à la priorité:

99/15998

17 décembre 1999 (17.12.1999)

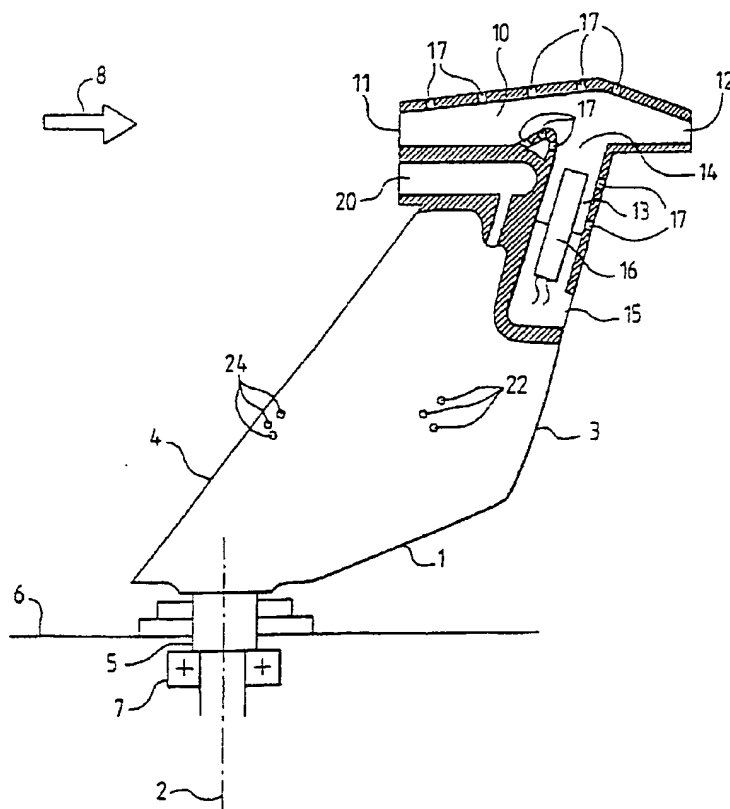
FR

(74) Mandataire: **COLLET, Alain**; Thomson-CSF Propriété  
Intellectuelle, 13, avenue du Président Salvador Allende,  
F-94117 Arcueil Cedex (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: PROBE FOR AN AIRCRAFT

(54) Titre: SONDE POUR AERONEF



(57) Abstract: The invention relates to a probe for an aircraft, for measuring in particular, the total temperature of the airflow surrounding the aircraft. The probe comprises a mobile pallet (1) for aligning in the axis (8) of an airflow surrounding the mobile pallet (1); and means (10, 13, 16) for measuring the total temperature of the airflow, which are fixed to the mobile pallet.

(57) Abrégé: L'invention a pour objet une sonde pour aéronef, permettant de mesurer notamment la température totale de l'écoulement d'air entourant l'aéronef. La sonde comporte une palette mobile (1) destinée à s'orienter dans l'axe (8) d'un écoulement d'air entourant la palette mobile (1) et, fixé à la palette mobile, des moyens (10, 13, 16) pour mesurer la température totale de l'écoulement d'air.

WO 01/44821 A1

## WO 01/44821 A1



(81) États désignés (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (*régional*): brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

- Avec rapport de recherche internationale.
- Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues.

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

## SONDE POUR AERONEF

L'invention a pour objet une sonde pour aéronef, permettant de mesurer notamment la température totale de l'écoulement d'air entourant l'aéronef.

La mesure de la température totale trouve son utilité pour  
 5 déterminer la vitesse réelle de l'aéronef. En effet d'autres capteurs appartenant à l'aéronef permettent de mesurer la pression totale  $P_t$  et la pression statique  $P_s$  de l'aéronef. La connaissance de ces deux pressions  $P_t$  et  $P_s$  permettent de déterminer le nombre de mach  $M$  de l'aéronef par la formule suivante

10

$$M = \sqrt{5 \left[ \left( \frac{P_t}{P_s} \right)^{2.7} - 1 \right]} \quad (1)$$

Par ailleurs le nombre de mach  $M$  représente le rapport entre la vitesse réelle de l'aéronef et la vitesse du son. Or la vitesse du son  $V_s$   
 15 dépend de la température  $T_s$  de l'air entourant l'aéronef.

$$V_s = \sqrt{\gamma \cdot r \cdot T_s} \quad (2)$$

où  $\gamma$  est une constante voisine de 1,4

20  $r$  est la constante des gaz parfaits

$T_s$  est la température statique de l'air, exprimée en degrés Kelvin.

La température statique  $T_s$  est la température de l'air à vitesse nulle. Cette température est très difficile à mesurer à bord d'un aéronef. Il faudrait placer un capteur de température placé au fond d'un trou  
 25 sensiblement perpendiculaire à la peau de l'aéronef dans une zone où la peau est sensiblement parallèle à l'écoulement d'air. Ce capteur de température serait notamment perturbé par la température de la peau qui risquerait d'altérer la mesure de température statique. On préfère donc mesurer la température totale  $T_t$  de l'écoulement d'air en plaçant le capteur  
 30 de température dans l'écoulement d'air. Par l'équation (3) on peut retrouver la température statique  $T_s$

$$T_t = (1 + 0,2 M^2) T_s \quad (3)$$

Tout ceci permet de déterminer la vitesse réelle de l'aéronef en fonction de la température totale  $T_t$ , de la pression totale  $P_t$  et de la pression statique  $P_s$  de l'écoulement d'air entourant l'aéronef.

On connaît des sondes de mesure de température totale fixées sur la peau de l'aéronef. Ces sondes prévoient qu'une partie de l'écoulement d'air entourant l'aéronef lèche un capteur de température. Lorsque l'incidence de l'aéronef par rapport à l'écoulement d'air l'entourant est modifiée, la partie de l'écoulement d'air léchant le capteur de température est perturbée ce qui altère la mesure de température totale  $T_t$ . Ceci prend d'autant plus d'importance que, c'est lorsque l'aéronef a une incidence importante qu'on a besoin de connaître sa vitesse avec précision.

L'invention a pour but d'améliorer la précision de la mesure de température totale  $T_t$  notamment lorsque l'incidence de l'aéronef par rapport à l'écoulement d'air l'entourant est forte.

Pour atteindre ce but, l'invention a pour objet une sonde pour aéronef, caractérisée en ce qu'elle comporte une palette mobile destinée à s'orienter dans l'axe d'un écoulement d'air entourant la palette mobile et fixée à la palette mobile, des moyens pour mesurer la température totale de l'écoulement d'air.

Dans un mode de réalisation particulier de l'invention dans une même sonde, fixés à une palette mobile de la sonde on regroupe :

- des moyens pour mesurer la température totale de l'écoulement d'air ;
- des moyens pour mesurer la pression totale de l'écoulement d'air ;
- des moyens pour mesurer la pression statique de l'écoulement d'air ;
- des moyens pour mesurer l'incidence de l'aéronef.

Le regroupement de ces différents moyens de mesure permet de déterminer de façon complète le module et la direction du vecteur vitesse de l'aéronef au moyen d'une seule sonde. Ce regroupement permet en outre de réduire le nombre d'ouvertures réalisées dans la peau de l'aéronef.

L'invention sera mieux décrite et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description d'un mode de réalisation particulier de l'invention illustré par le dessin joint dans lequel :

- la figure 1 représente une sonde comportant :
- 5       - des moyens pour mesurer la température totale de l'écoulement d'air ;
- des moyens pour mesurer la pression totale de l'écoulement d'air ;
- des moyens pour mesurer la pression statique de l'écoulement
- 10     d'air ;
- des moyens pour mesurer l'incidence de l'aéronef.

La sonde représentée figure 1 comporte une palette mobile 1 en rotation autour d'un axe 2. La palette 1 comporte une aile 3 possédant un plan de symétrie, parallèle au plan de la figure et séparant l'intrados de l'extrados. Le profil de l'aile 3 perpendiculairement à son bord d'attaque 4 est par exemple du type OÖZT du N.A.C.A. Dans l'exemple représenté, le bord d'attaque 4 est sensiblement rectiligne et incliné par rapport à l'axe 2. Il est bien entendu que d'autres formes d'ailes peuvent être utilisées pour mettre en œuvre l'invention. La palette 1 comporte également un arbre 5 d'axe 2 qui

15     pénètre à l'intérieur de la peau 6 d'un aéronef. L'arbre 5 est mobile en rotation par rapport à l'aéronef par exemple au moyen d'un palier 7 à roulement.

Du fait la forme de l'aile 3, la palette 1 s'oriente naturellement dans l'axe de l'écoulement d'air entourant la palette mobile 1. L'axe de l'écoulement est matérialisé par la flèche 8 représenté sur la figure 1.

25     L'écoulement est matérialisé par la flèche 8 représenté sur la figure 1.

La palette mobile 1 comporte en outre des moyens pour mesurer la température totale de l'écoulement d'air.

Avantageusement ces moyens comportent deux canaux dont un premier canal 10 comprenant un orifice d'entrée 11 faisant sensiblement face à l'écoulement d'air d'axe 8 lorsque la palette mobile 1 est orientée dans l'axe 8 de l'écoulement d'air. Le premier canal 10 comprend également un orifice de sortie 12 permettant à de l'air se trouvant dans le premier canal 10 de s'échapper en suivant la direction de l'axe 8. Des particules susceptibles de circuler dans le premier canal 10 s'échappent sans venir en contact avec

30     à l'écoulement d'air d'axe 8 lorsque la palette mobile 1 est orientée dans l'axe 8 de l'écoulement d'air. Le premier canal 10 comprend également un orifice de sortie 12 permettant à de l'air se trouvant dans le premier canal 10 de s'échapper en suivant la direction de l'axe 8. Des particules susceptibles de circuler dans le premier canal 10 s'échappent sans venir en contact avec

un capteur de température dont la position sera décrite ultérieurement. Ces particules sont par exemple formées de gouttes d'eau ou de poussières.

Le deuxième canal 13 comprenant des moyens pour mesurer la température totale de l'écoulement d'air comporte un orifice d'entrée 14 s'ouvrant dans le premier canal 10. Le deuxième canal 13 est par exemple sensiblement perpendiculaire au premier canal 10. Une partie de l'air circulant dans le premier canal 10, pénètre dans le second canal 13 par l'orifice d'entrée 14 et s'échappe du second canal 13 par un orifice de sortie 15 s'ouvrant sur l'extérieur vers l'arrière de la palette mobile 1.

Les moyens pour mesurer la température totale de l'écoulement d'air comportent en outre un capteur de température 16 situé à l'intérieur du deuxième canal 13. Le capteur de température 16 comporte par exemple un fil à base de platine bobiné formant une résistance électrique dont la valeur est variable en fonction de sa température. Le capteur de température 16 est fixé dans le deuxième canal 13 de façon à éviter au maximum tous transferts thermiques entre la structure du deuxième canal 13 et le capteur de température 16.

Les deux canaux 10 et 13 sont agencés de façon à ce que de l'air provenant de l'écoulement d'axe 8 circule dans le second canal 13 à faible vitesse. Cette vitesse doit être très inférieure à la vitesse du son dans l'écoulement tout en étant non nulle afin d'éviter que le capteur de température 16 ne prenne la température de la structure de la palette mobile 1 et notamment la température de la structure des deux canaux 10 et 13.

En effet lorsque l'aéronef vole en haute altitude la température de l'écoulement d'air peut être bien inférieure à zéro degrés Celsius ce qui entraîne un risque de formation de givre sur la palette mobile 1. Le givre peut notamment obstruer ces canaux 10 et 13 et donc empêcher toute mesure correcte de température.

Pour éviter la formation de givre, la palette mobile 1 comporte des moyens de dégivrage comprenant par exemple une résistance électrique chauffante disposée dans la structure de la palette. Ces moyens de dégivrage réchauffent la palette mobile 1 et par conséquent l'air qui circule dans les deux canaux 10 et 13. Pour éviter que le réchauffement d'air ne perturbe la mesure de température, on prévoit des orifices 17 d'évacuation de la couche limite de l'air circulant dans les deux canaux 10 et 13.

Avantageusement la sonde comporte en outre des moyens pour mesurer la pression totale et la pression statique de l'écoulement d'air ainsi que l'incidence de l'aéronef.

Les moyens pour mesurer la pression totale comportent par exemple une prise de pression totale  $P_t$  comprenant un troisième canal 20 s'ouvrant, comme le premier canal 10, par un orifice 21 faisant sensiblement face à l'écoulement d'air d'axe 8. Ce troisième canal 20 est mieux connu sous le nom de tube de Pitot.

Les moyens pour mesurer la pression statique  $P_s$  comportent par exemple deux prises de pression statique 22 et 23, située chacune sur une des faces de la palette mobile 1. Sur la figure 1 seule la prise de pression 22 est visible. La prise de pression 23 est placée sur la face invisible de la palette mobile 1, de façon sensiblement symétrique à la prise de pression 22 par rapport au plan de symétrie de l'aile 3. Ce plan de symétrie est parallèle au plan de la figure 1. Chaque prise de pression 22 et 23 peut comporter plusieurs orifices, trois sont représentés sur la figure 1, afin notamment de limiter la section de chaque orifice pour moins perturber l'écoulement d'air entourant la palette mobile 1 ou encore d'être en mesure de réaliser la mesure de pression même si l'un des orifices venait à être obstrué. Les deux prises de pression statiques 22 et 23 sont en communication avec une chambre située à l'intérieur de la palette afin de moyenner la pression entre les deux prises 22 et 23.

Les moyens pour mesurer l'incidence de l'aéronef comportent par exemple deux prises de pression d'incidence 24 et 25 situées, comme pour les prises de pression statique 22 et 23, sur une des faces de la palette également de façon sensiblement symétrique par rapport au plan de symétrie de l'aile 3. Les prises de pression d'incidence 24 et 25 ne sont pas en communication et c'est la différence entre les pressions régnant au niveau de chaque prise 24 et 25 qui permet de déterminer l'incidence exacte de la palette mobile 1 et par conséquent celle de l'aéronef. Afin d'améliorer la sensibilité de la mesure d'incidence, on peut placer les prises de pression 24 et 25 au voisinage immédiat du bord d'attaque 4 de la palette mobile 1.

L'utilisation des informations issues des différentes prises de pression totale, statique et d'incidence est par exemple décrite dans le brevet français FR 2 665 539 déposé le 3 août 1990 au nom de la Demanderesse.

Ce brevet décrit notamment l'asservissement de la position angulaire de la palette mobile 1 autour de son axe 2 afin que l'aile 3 de la palette mobile 1 soit alignée au mieux dans l'axe 8 de l'écoulement d'air. L'orientation, ainsi améliorée, de la palette mobile 1 permet notamment de

5 maîtriser encore mieux la circulation des flux d'air dans les canaux 10 et 13.

## REVENDEICATIONS

1. Sonde pour aéronef, caractérisée en ce qu'elle comporte une palette mobile (1) destinée à s'orienter dans l'axe (8) d'un écoulement d'air entourant la palette mobile (1) et, fixé à la palette mobile, des moyens (10, 13, 16) pour mesurer la température totale de l'écoulement d'air.

5

2. Sonde selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens pour mesurer la température totale comportent :

- un premier canal (10) comprenant un orifice d'entrée (11) d'air faisant sensiblement face à l'écoulement d'air et un orifice de sortie (12) d'air ;
- un second canal (13) dont l'entrée (14) d'air est située dans le premier canal (10) ;
- un capteur de température (16) fixé dans le second canal (13).

15

3. Sonde selon la revendication 2, caractérisée en ce que le second canal (13) est sensiblement perpendiculaire au premier canal (10).

4. Sonde selon l'une quelconque des revendications 2 ou 3, caractérisée en ce que les deux canaux (10, 13) comportent une pluralité d'orifices (17) permettant d'évacuer vers l'extérieur de la sonde, la couche limite de l'air circulant dans les canaux (10, 13).

5. Sonde selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre, fixé à la palette mobile (1) :

- des moyens (20) pour mesurer la pression totale de l'écoulement d'air ;
- des moyens (22, 23) pour mesurer la pression statique de l'écoulement d'air ;
- des moyens (24, 25) pour mesurer l'incidence de l'aéronef.

30

6. Sonde selon la revendication 5, caractérisée en ce que les moyens pour mesurer l'incidence de l'aéronef comportent deux prises de pression d'incidence (24, 25) située chacune sur une des faces de la palette mobile (1) sensiblement de façon symétrique par rapport à un plan de

symétrie de la palette mobile (1), et en ce que l'orientation de la palette mobile par rapport à la direction de l'écoulement est asservie en rendant sensiblement égales les pressions relevées au niveau des deux prises de pression d'incidence (24, 25).

5

10

